

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-144658

(43)Date of publication of application : 20.05.2004

(51)Int.Cl.

G01R 31/34
H02P 21/00

(21)Application number : 2002-311102

(71)Applicant : YASKAWA ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 25.10.2002

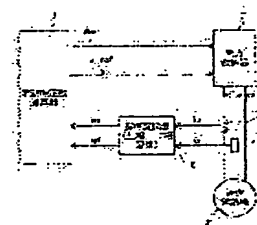
(72)Inventor : YUKIHIRA YOSHIAKI
FUJII SHUICHI

(54) METHOD FOR MEASURING MOTOR CONSTANT OF INDUCTION MOTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To identify constants of an induction motor with high accuracy without rotating the induction motor or even if voltage accuracy is unavailable.

SOLUTION: A previously set and arbitrarily fixed value is used as a voltage output phase and a prescribed constant value $V1$ is given as an output voltage command value v_{ref} . A primary current detection value $i1$ is read then flowing through the induction motor. When a voltage command is given, if a constant value at which the detection value $i1$ converges is assumed to be $i1\infty$, a magnetic flux estimated value of mutual inductance M is estimated from a value $i1(t)$ of the detection value at time t and a primary resistance value in a T-1 type equivalent circuit, and k is determined so that a value found by multiplying this convergence value by the coefficient k equals $i1\infty$. From $i1\infty$, the detection value, and the resistance value in the equivalent circuit, a secondary resistance value $R2$ in the equivalent circuit is estimated within a range not causing $i1\infty - i1(t)$ to equal zero.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

14.10.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-144658

(P2004-144658A)

(43) 公開日 平成16年5月20日 (2004.5.20)

(51) Int. Cl.⁷G01R 31/34
H02P 21/00

F1

G01R 31/34
H02P 5/408A
Z

テーマコード (参考)

2G016
5H576

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号

特願2002-311102 (P2002-311102)

(22) 出願日

平成14年10月25日 (2002.10.25)

(71) 出願人 000006622

株式会社安川電機

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

(74) 代理人 100088328

弁理士 金田 暢之

(74) 代理人 100106297

弁理士 伊藤 克博

(74) 代理人 100106138

弁理士 石橋 政幸

(72) 発明者 行平 義昭

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

(72) 発明者 藤井 秋一

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

最終頁に続く

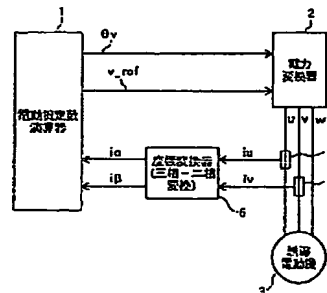
(54) 【発明の名称】 誘導電動機の電動機定数測定方法

(57) 【要約】

【課題】 誘導電動機を回転させることなく、また電圧精度がなくても誘導電動機の定数を高精度に同定する。

【解決手段】 電圧出力位相を予め設定された任意の固定値とし、出力電圧指令値 v_{ref} として所定の一定値 $V1$ を与え、この際に誘導電動機に流れる一次電流検出値 $i1$ を読み取り、かつ、電圧指令を与えたときに、一次電流検出値 $i1$ が一定値に収束したときの値を $i1\infty$ とした場合に、一次電流検出値の時刻 t における値 $i1(t)$ および T-1 型等価回路における一次抵抗値より相互インダクタンス M の磁束推定値を推定して、この収束値に係数 k を乗じた値が $i1\infty$ と同じになるように k を定める。 $i1\infty$ 、一次電流検出値および T-1 型等価回路における一次抵抗値より、T-1 型等価回路における二次抵抗値 $R2$ を $i1\infty - i1(t) = 0$ とならない範囲で推定する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

インバータにより三相交流を誘導電動機に供給し、該誘導電動機の可変速運転を行う電動機駆動装置であって、出力電圧指令値 v_ref と電圧出力位相 θ_v を基に三相交流を出力する電力変換器と、該誘導電動機に流れる一次電流を検出する電流検出器を有し、該電流検出器によって検出された電流値から得られる一次電流検出値 i_1 を入力とする電動機定数測定方法において、

誘導電動機の一相当たりの等価回路を T-1 型等価回路とし、

電圧出力位相 θ_v を予め設定された任意の固定値とし、出力電圧指令値 v_ref として所定の一定値を与え、この際に誘導電動機に流れる一次電流検出値 i_1 を読み取り、かつ、出力電圧指令値 v_ref を与えたときに、一次電流検出値 i_1 が一定値に収束したときの値を $i_{1\infty}$ とした場合に、前記一次電流検出値の時刻 t における値 $i_1(t)$ および T-1 型等価回路における一次抵抗値 R_1 より相互インダクタンス M の磁束推定値

【外 1】

$$\hat{\Phi}(t)$$

を

【数 1】

$$\hat{\Phi}(t) = \int (R_1 i_{1\infty} - R_1 i_1(t)) dt$$

により推定して

【外 2】

$$\dot{\hat{\Phi}}(t)$$

の収束値に係数 k を乗じた値

【外 3】

$$k \hat{\Phi}(t)$$

が $i_{1\infty}$ と同じになるように k を定めたときに、前記 $i_{1\infty}$ 、一次電流検出値 $i_1(t)$ 、および T-1 型等価回路における既知の一次抵抗値 R_1 より、T-1 型等価回路における二次抵抗値 R_2 を

【数 2】

$$R_2 = \frac{-R_1(i_{1\infty} - i_1(t))}{k\hat{\Phi}(t) - i_1(t)}$$

により $i_{1\infty} - i_1(t) = 0$ とならない範囲で推定することを特徴とする、誘導電動機の電動機定数測定方法。

【請求項 2】

インバータにより三相交流を誘導電動機に供給し、該誘導電動機の可変速運転を行う電動機駆動装置であって、出力電圧指令値 v_ref と電圧出力位相 θ_v を基に三相交流を出力する電力変換器と、該誘導電動機に流れる一次電流を検出する電流検出器を有し、該電流検出器によって検出された電流値から得られる一次電流検出値 i_1 を入力とする電動機定数測定方法において、

誘導電動機の一相当たりの等価回路を T-1 型等価回路とし、

電圧出力位相 θ_v を予め設定された任意の固定値とし、出力電圧指令値 v_ref として所定の一定値を与え、この際に誘導電動機に流れる一次電流検出値 i_1 を読み取り、かつ、出力電圧指令値 v_ref を与えたときに、一次電流検出値 i_1 が一定値に収束したと

きの値を $i_{1\infty}$ とした場合に、前記一次電流検出値の時刻 t における値 $i_1(t)$ および別の手段により与えられた一次抵抗値 R_1 、相互インダクタンス M の磁束推定値

【外 4】

$$\hat{\Phi}(t)$$

を

【数 3】

$$\hat{\Phi}(t) = \int (R_1 i_{1\infty} - R_1 i_1(t)) dt$$

10

によって推定し、この磁束推定値

【外 5】

$$\hat{\Phi}(t)$$

の立ち上がり波形から時定数

【外 6】

$$\hat{\tau}_0$$

20

を求め、相互インダクタンス M を、既知の一次抵抗 R_1 、請求項 1 記載の電動機定数測定方法によって求められた二次抵抗 R_2 を用いて

【数 4】

$$M = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot \hat{\tau}_0$$

により求めることを特徴とする、誘導電動機の電動機定数測定方法。

【請求項 3】

30

インバータにより三相交流を誘導電動機に供給し、該誘導電動機の可変速運転を行う電動機駆動装置であって、出力電圧指令値 v_{ref} と電圧出力位相 θ_v を基に三相交流を出力する電力変換器と、該誘導電動機に流れる一次電流を検出する電流検出器を有し、該電流検出器によって検出された電流値から得られる一次電流検出値 i_1 を入力とする電動機定数測定方法において、

誘導電動機の一相当たりの等価回路を T-1 型等価回路とし、

電圧出力位相 θ_v を予め設定された任意の固定値とし、出力電圧指令値 v_{ref} として所定の一定値を与え、この際に誘導電動機に流れる一次電流検出値 i_1 を読み取り、かつ、出力電圧指令値 v_{ref} を与えたときに、一次電流検出値 i_1 が一定値に収束したときの値を $i_{1\infty}$ とした場合に、前記一次電流検出値の時刻 t における値 $i_1(t)$ および別の手段により与えられた一次抵抗値 R_1 、請求項 1 記載の電動機定数測定方法によって求められた二次抵抗値 R_2 を用いて、漏れインダクタンス L 、相互インダクタンス M に流れる励磁電流 i_m の推定値を

40

【数 5】

$$i_m(t) = i_1(t) - \frac{R_1(i_{1\infty} - i_1(t)) - L \frac{di_1(t)}{dt}}{R_2}$$

として、漏れインダクタンス L を測定ごとに 0 から徐々に大きい値を代入し、

50

【外 7】

$i_m(t)$

を繰り返し測定し、そして出力電圧指令値 v_ref を加えた直後に、

【外 8】

$i_m(t)$

が負にならなかった場合、または、負の小さい値になった場合、その測定時に使用した漏れインダクタンス L を推定値とすることを特徴とする、誘導電動機の電動機定数測定方法 10

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の電動機定数測定方法により求められた相互インダクタンス M あるいは時定数

【外 9】

τ_σ

漏れインダクタンス L 、二次抵抗値 R_2 、および別の手段により与えられた一次抵抗値 R_1 、電動機の定格として与えられる定格電圧 V_{rate} 、定格周波数 f_{rate} 、前記相互インダクタンス M を用いて無負荷電流 I_0 を求めることを特徴とする、誘導電動機の電動機定数測定方法。 20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、誘導電動機の電動機定数を測定する方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来技術として、電気学会電気規格調査会標準規格（Japanese Electromechanical Committee）である JEC-2137-2000 に示されるような巻線抵抗測定、拘束試験、無負荷試験を行って電動機定数を求める方法をインバータの制御ソフトウェアに組み込んだものがある（従来例 1）。また、誘導電動機を停止したままの状態、誘導電動機の定数を同定する方法として、単相交流を誘導電動機に供給し、 d 軸電流検出値あるいは q 軸電流検出値をフーリエ級数展開し、誘導電動機の定数を求める方法があった（従来例 2、特許文献 1 参照）。また、停止状態での二次抵抗の測定方法として、相互インダクタンス M の影響が無視できる程度に高い周波数成分を印加することにより、誘導電動機の等価回路を一次抵抗と二次抵抗および漏れインダクタンスの直列回路として近似して、そのときの電圧、電流値の大きさおよびその位相差から二次抵抗と漏れインダクタンスを求め、その後に低い周波数成分の電圧を印加してその時の電圧、電流値および相互インダクタンス M および無負荷電流を求めていた（従来例 3、特許文献 2 参照）。 30

【0003】

【特許文献 1】特開平 7-55899 号

【特許文献 2】特開 2002-22813 号

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

従来例 1 に示す方法では、拘束試験と無負荷電流試験の間に誘導電動機の回転子の固定および固定の解除といった作業が必要であり、インバータ駆動による自動計測には向いていない面がある。また、無負荷電流試験では、誘導電動機単体で運転する必要があり、負荷 50

が既に結合されている場合には、一旦切り離し電動機単体にするという作業が必要となり効率が悪いという問題があった。

【0005】

従来例2では、単相交流を印加し、フーリエ級数展開を利用して求めているのでソフトが複雑になり、ソフトの処理時間が長くなり、ソフトの記憶に大きな記憶容量を要するといった問題があった。

【0006】

従来例3では、二次抵抗の誤差が大きい場合には、無負荷電流のチューニング値のズレも大きくなるという問題があった。

【0007】

また、いずれの方法も測定に際して電圧検出値あるいは電圧指令値を使用するため、駆動装置の電圧精度の影響により、測定精度が良くならないという問題があった。

【0008】

そこで、本発明の目的は、誘導電動機を回転させることなく、また電圧精度がなくても誘導電動機の定数を高精度に同定することが可能であり、かつ、比較的測定が容易な誘導電動機の線間抵抗値だけを既知とすることで誘導電動機のT-1型等価回路のすべてのパラメータを求める、誘導電動機の電動機定数測定方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の第1の態様では、

インバータにより三相交流を誘導電動機に供給し、該誘導電動機の可変速運転を行う電動機駆動装置であって、出力電圧指令値 v_{ref} と電圧出力位相 θ_v を基に三相交流を出力する電力変換器と、該誘導電動機に流れる一次電流を検出する電流検出器を有し、該電流検出器によって検出された電流値から得られる一次電流検出値 i_1 を入力とする電動機駆動装置において、

誘導電動機の一相当りの等価回路をT-1型等価回路とし、

電圧出力位相 θ_v を予め設定された任意の固定値とし、出力電圧指令値 v_{ref} として所定の一定値を与え、この際に誘導電動機に流れる一次電流検出値 i_1 を読み取り、かつ、出力電圧指令値 v_{ref} を与えたときに、一次電流検出値 i_1 が一定値に収束したときの値を $i_{1\infty}$ とした場合に、一次電流検出値 i_1 およびT-1型等価回路における一次抵抗値 R_1 より相互インダクタンス M の磁束推定値

【0010】

【外10】

$\dot{\Phi}(t)$

を

【0011】

【数6】

$$\dot{\Phi}(t) = \int (R_1 i_{1\infty} - R_1 i_1(t)) dt$$

により推定して、この値の収束値に係数 k をかけて、その値が $i_{1\infty}$ と

【0012】

【外11】

$k \dot{\Phi}(t)$

の収束値を同じにし、

前記 $i_{1\infty}$ 、一次電流検出値 i_1 およびT-1型等価回路における一次抵抗値 R_1 より、

10

20

30

40

50

T-1型等価回路における二次抵抗値R2を

【0013】

【数7】

$$R2 = \frac{-R1(i1_{\infty} - i1(t))}{k\dot{\Phi}(t) - i1(t)}$$

により $i1_{\infty} - i1(t) = 0$ とならない範囲で推定する。

【0014】

また、本発明の第2の態様では、前述の相互インダクタンスMの磁束推定値

10

【0015】

【外12】

$$\dot{\Phi}(t)$$

を

【0016】

【数8】

$$\dot{\Phi}(t) = \int (R1i1_{\infty} - R1i1(t))dt$$

20

により推定する構成において、この磁束推定値

【0017】

【外13】

$$\dot{\Phi}(t)$$

の立ち上がり波形から時定数

【0018】

【外14】

30

$$\tau_0$$

を求め、別の手段により与えられた一次抵抗R1と第1の態様により求められた二次抵抗R2、時定数

【0019】

【外15】

$$\tau_0$$

40

より相互インダクタンスMを

【0020】

【数9】

$$M = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2} \cdot \tau_0$$

により求める。

【0021】

本発明の第3の態様では、出力電圧指令値 v_{ref} を与えた場合に、一次電流検出値 i 50

1 が一定値に収束したときの値を $i_{1\infty}$ とした場合に、前記一次電流検出値 i_1 および別的手段により与えられた一次抵抗値 R_1 、第2の態様で求められた二次抵抗値 R_2 を用いて、漏れインダクタンス L 、相互インダクタンス M に流れる電流 i_m を

【0022】

【数10】

$$\hat{i}_m(t) = \hat{i}_1(t) - \frac{R_1(i_{1\infty} - \hat{i}_1(t)) - L \frac{d\hat{i}_1(t)}{dt}}{R_2}$$

として、漏れインダクタンス L を測定ごとに0から徐々に大きくして代入し、

【0023】

【外16】

$\hat{i}_m(t)$

10

を繰り返し測定し、そして出力電圧指令値 v_{ref} を加えた直後に、

【0024】

【外17】

$\hat{i}_m(t)$

20

が負にならなかった場合、または負の小さい値になった場合、その測定時に使用した漏れインダクタンス L を推定値とする。

【0025】

本発明の第4の態様では、第1から第3のいずれかの態様でより求められた相互インダクタンス M あるいは時定数

【0026】

【外18】

\hat{i}_m

漏れインダクタンス L 、二次抵抗値 R_2 、および別的手段により与えられた一次抵抗値 R_1 、電動機の定格として与えられる定格電圧 V_{rate} 、定格周波数 f_{rate} 、前記相互インダクタンス M を用いて無負荷電流 I_0 を求める。

30

【0027】

本発明は、特許文献2に記載の方式を応用することにより、

(1) 磁束推定値の時定数と、励磁電流測定値の時定数が一致するように二次抵抗 R_2 を変化させることにより二次抵抗 R_2 を推定する。

(2) 時定数を測定して無負荷電流 I_0 を求める。

(3) 励磁電流測定値が負側にいかないように、漏れインダクタンス L を調整するようにしたものである。

【0028】

【発明の実施の形態】

40

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0029】

図1は本発明における請求項1～2記載の誘導電動機の電動機定数測定方法の実施形態の構成を示すブロック図である。図1において、電動機定数演算器1から与えられる出力電圧指令値 v_{ref} と電圧出力位相 θ_v を用いて、電力変換器2において三相交流電力への変換を行い、誘導電動機3に三相交流電力を供給する。誘導電動機3に流れる電流値はU相に設けられた電流検出器4で検出された電流 i_u とV相に設けられた電流検出器5で検出された電流 i_v を取り込み、三相二相変換器6によって(1)式および(2)式の演算を行い二相交流電流 i_α 、 i_β に変換する。

50

【 0 0 3 0 】

【 数 1 1 】

$$i_v = -(i_u + i_v) \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_u \\ i_v \\ i_w \end{bmatrix} \quad (2)$$

(2) 式において (2/3) を乗じているのは、変換前と変換後で振幅の大きさを等しく 10
 するためである。電流を検出する相はU相とV相の組み合わせに限らず任意の二相あるい
 は三相すべてを検出してよい。

【 0 0 3 1 】

二相交流電流 i_α , i_β は電動機定数演算器 1 に入力される。一次電流検出値 i_1 は電
 動機定数演算器 1 において i_α , i_β の二乗の和の平方根として計算される。一次電流
 検出値 i_1 は電動機定数演算器 1 に入力される。

【 0 0 3 2 】

図 1 は、インバータによる電動機駆動装置において、通常運転時および従来の電動機定数
 の同定方法において、電圧指令、出力電圧位相の前段に設けられる速度制御、電流制御等
 のブロックを電動機定数演算器 1 に置き換えたもので、本発明の実施に必要な部分を抜粋 20
 して図示したものであり、両者は別途設けられたスイッチにより切り替えるようになって
 いる。

【 0 0 3 3 】

まず、請求項 1 記載の実施形態の原理について説明する。

【 0 0 3 4 】

図 2 に誘導電動機の停止状態 (すべり $s = 1$) における一相当たりの T-1 型等価回路を
 示す。R1 は一次抵抗、L は漏れインダクタンス、R2 は二次抵抗、M は相互インダクタ
 ンスであり、 v は印加される電圧、 i_1 は電動機の一次電流、 i_2 は電動機の二次電流、
 i_m は相互インダクタンス M に流れる電流 (励磁電流) である。

【 0 0 3 5 】

相互インダクタンス M に流れる電流の変化により生じる起電力を e_m として、図 2 の等価
 回路においてキルヒホッフの法則に基づいて方程式をたてると

【 0 0 3 6 】

【 数 1 2 】

$$v = R1 \cdot i_1 + L \frac{di_1}{dt} + e_m \quad (3)$$

$$e_m = M \frac{di_m}{dt} = R2 \cdot i_2 \quad (4)$$

$$i_1 = i_m + i_2 \quad (5)$$

となる。

【 0 0 3 7 】

漏れインダクタンス L は相互インダクタンス M に比べ小さいので、簡単のため漏れインダ
 クタンス L を無視すると (3) 式は、

$$v = R1 \cdot i_1 + e_m \quad (6)$$

となる。

【 0 0 3 8 】

また、相互インダクタンス M に流れる電流 i_m は、誘導電動機内部を流れる電流であり、
 誘導電動機入力端子側からは直接測定することはできない。そこで、次に相互インダクタ 50

ンスMを流れる電流 i_m を推定する方法について説明する。

【 0 0 3 9 】

(4) 式と (6) 式から

【 0 0 4 0 】

【 数 1 3 】

$$i_2 = \frac{v - R_1 \cdot i_1}{R_2} \quad (7)$$

(13) 式を (5) 式に代入して、

【 0 0 4 1 】

【 数 1 4 】

$$i_m = i_1 - i_2 = i_1 - \frac{v - R_1 \cdot i_1}{R_2} \quad (8)$$

(8) 式を整理して、

$$i_m = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \cdot i_1 - \frac{v}{R_2} \quad (9)$$

となる。

【 0 0 4 2 】

また、直流を流した状態では誘導電動機の等価回路は一次抵抗 R_1 だけとみなすことができる。したがって、直流電圧を印加した直後は過渡的に二次抵抗 R_2 にも電流が流れるが、十分時間が経過したときには、一次抵抗 R_1 だけとなるため、一次電流検出値 i_1 が収束した場合の電流値を $i_{1\infty}$ とすれば、電圧 $v = R_1 \cdot i_{1\infty}$ となり、前記 (9) 式は、

【 0 0 4 3 】

【 数 1 5 】

$$i_m = i_1 - \frac{R_1}{R_2} (i_{1\infty} - i_1) \quad (9')$$

と書き直すことができる。

【 0 0 4 4 】

また、(4) と (5) 式により、

【 0 0 4 5 】

【 数 1 6 】

$$i_1 = i_m + \frac{1}{R_2} \cdot M \cdot \frac{di_m}{dt} \quad (10)$$

(4) 式と (10) 式を (6) 式に代入してまとめると、

【 0 0 4 6 】

【 数 1 7 】

$$v = R_1 \cdot i_m + \frac{M(R_1 + R_2)}{R_2} \cdot \frac{di_m}{dt} \quad (11)$$

初期条件を

時刻 $t = 0$ において、 $i_{m0} = 0$

(12)

として、 i_m について解くと、

10

20

30

40

50

【 0 0 4 7 】

【 数 1 8 】

$$i_m = \frac{V}{R_1} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (13)$$

$$\tau = \frac{M(R_1 + R_2)}{R_1 \cdot R_2} \quad (14)$$

となる。

【 0 0 4 8 】

ここで、 τ は時定数である。

【 0 0 4 9 】

よって、

【 0 0 5 0 】

【 数 1 9 】

$$M = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot \tau \quad (15)$$

となる。

【 0 0 5 1 】

さらに、相互インダクタンス M の磁束 $\Phi(t)$ を次式で表すことができる。

【 0 0 5 2 】

【 数 2 0 】

$$\dot{\Phi}(t) = \int \left\{ (R_1 i_{1\infty} - R_1 i_1(t)) - L \frac{di_1(t)}{dt} \right\} dt \quad (16)$$

ここで、漏れインダクタンス L は小さいので簡単のため無視して

【 0 0 5 3 】

【 数 2 1 】

$$\Phi(t) = \int (R_1 i_{1\infty} - R_1 i_1(t)) dt \quad (17)$$

とする。

【 0 0 5 4 】

相互インダクタンス M の磁束 $\Phi(t)$ に係数 k をかけて、 $i_{1\infty}$ と

【 0 0 5 5 】

【 外 1 9 】

$$k \dot{\Phi}(t)$$

の収束値を同じにする。

【 0 0 5 6 】

【 外 2 0 】

$$i_m$$

の収束値は $i_{1\infty}$ と等しく

【 0 0 5 7 】

【 外 2 1 】

\hat{i}_m

の時定数は

【 0 0 5 8 】

【 外 2 2 】

 $\hat{\Phi}(t)$

と等しいので、

【 0 0 5 9 】

【 数 2 2 】

10

$$\hat{i}_m(t) = k\hat{\Phi}(t) \quad (18)$$

とおける。

【 0 0 6 0 】

また、 $\hat{i}_1 \rightarrow \hat{i}_1(t) = 0$ とならない範囲のある時間 (t_1) のデータ $\hat{i}_1(t_1)$

【 0 0 6 1 】

【 外 2 3 】

 $\hat{i}_m(t_1), k\hat{\Phi}(t_1)$

20

と (9') および (18) 式より

【 0 0 6 2 】

【 数 2 3 】

$$k\hat{\Phi}(t_1) = \hat{i}_1(t_1) - \frac{R_1}{R_2}(\hat{i}_{1\infty} - \hat{i}_1(t_1)) \quad (19)$$

(19) 式より R_2 について解くと

【 0 0 6 3 】

【 数 2 4 】

30

$$R_2 = \frac{-R_1(\hat{i}_{1\infty} - \hat{i}_1(t_1))}{k\hat{\Phi}(t_1) - \hat{i}_1(t_1)} \quad (20)$$

(20) 式より、二次抵抗値 R_2 を推定することができる。

【 0 0 6 4 】

また、(17) 式により、磁束推定値

【 0 0 6 5 】

【 外 2 4 】

 $\hat{\Phi}(t)$

40

の立ち上がり波形から時定数

【 0 0 6 6 】

【 外 2 5 】

 \hat{i}_0

を求め、

(15) 式を用いて、相互インダクタンス M を

【 0 0 6 7 】

【 数 2 5 】

50

$$M = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2} \cdot \hat{z}_\phi \quad (15')$$

により求めることができる。

【 0 0 6 8 】

さらに、電圧出力位相 θ_v を予め設定された任意の固定値とし、出力電圧指令値 v_ref として所定の一定値を与え、この際に誘導電動機に流れる一次電流検出値 i_1 を読み取り、かつ、出力電圧指令値 v_ref を与えたときに、一次電流検出値 i_1 が一定値に収束したときの値を $i_{1\infty}$ とした場合に、一次電流検出値 i_1 および別の手段により与えられた一次抵抗値 $R1$ 、(20) 式で求められた二次抵抗値 $R2$ を用いて、漏れインダクタンス L 、相互インダクタンス M に流れる電流 i_m を

10

【 0 0 6 9 】

【 数 2 6 】

$$\hat{i}_m(t) = \hat{i}_1(t) - \frac{R1(\hat{i}_{1\infty} - \hat{i}_1(t)) - L \frac{d\hat{i}_1(t)}{dt}}{R2} \quad (21)$$

として、漏れインダクタンス L に測定度ごとに大きい値を代入し

20

【 0 0 7 0 】

【 外 2 6 】

$\hat{i}_m(t)$

を繰り返し測定する。そして出力電圧指令値 v_ref を加えた直後に、

【 0 0 7 1 】

【 外 2 7 】

$\hat{i}_m(t)$

が負にならなかったときもしくは、負の値になったとしてもそれが非常に小さい場合、その測定時に使用した漏れインダクタンス L を推定値とする。

30

【 0 0 7 2 】

無負荷電流 I_0 は、定格電圧、定格周波数の電源を誘導電動機に与え、無負荷で回転させた場合に流れる電流であり、このときの等価回路は、図 2 の T-1 型等価回路で、 $R1$ 、 L 、 M の直列回路として表される。

【 0 0 7 3 】

したがって、このときの電圧 v と電流 i_1 の関係は、

【 0 0 7 4 】

【 数 2 7 】

$$v = R1 \cdot i_1 + j\omega(L+M) \cdot i_1 \quad (22)$$

40

$$\omega = 2\pi f \quad f: \text{出力周波数} \quad (23)$$

となり、定格電圧を V として、電圧、電流の大きさだけに注目し、 $i_1 = I_0$ として (22) 式を書き直すと、

【 0 0 7 5 】

【 数 2 8 】

$$V = \sqrt{R_1^2 + \omega^2(L+M)^2} \cdot I_0 \quad (24)$$

V、I₀はそれぞれ電圧と電流の大きさを表す数値で、実効値あるいは最大値もしくは平均値のいずれかで、電圧と電流で同じものであればよい。

【0076】

(24)式をI₀について解くと、

【0077】

【数29】

10

$$I_0 = \frac{V}{\sqrt{R_1^2 + \omega^2(L+M)^2}} \quad (25)$$

となり、無負荷電流I₀が求まる。

【0078】

(20)式から(25)式において、R₁およびLを考慮しているが、簡単のためR₁およびLを無視することも考えられる。

【0079】

図3に、直流電圧vを与えたときの一次電流検出値、相互インダクタンスの実磁束Φ(t)に一次電流値i₁(t)と実磁束の収束値Φが等しくなるような係数kをかけたものの波形、および相互インダクタンスの磁束推定値

20

【0080】

【外28】

Φ(t)

に係数kをかけ収束値を一次電流検出値の収束値i_{1∞}と等しくしたものの波形を示す。実磁束値と推定磁束値はほぼ一致しており、磁束推定値が0からi_{1∞}まで立ち上がるときの時定数をもって、磁束の立ち上がりの時定数として扱える。

【0081】

30

以上から、無負荷電流I₀は、直流電圧Vを印加し、一次電流値i₁から(17)式により

【0082】

【外29】

Φ̂(t)

を演算し、その立ち上がり時定数を求め、(15')、(25)式を用いて求めることができる。

【0083】

ここから、上記原理に基づく方法を200V、3.7kWの誘導電動機に対して実施した例について図1および図4に基づいて説明する。ここで用いた誘導電動機の電動機定数は、R₁=0.252Ω、R₂=0.143Ω、L=3.69mH、M=49.97mHである。無負荷試験により求めた無負荷電流は5.7Aである。

40

【0084】

以下では、U相がピークとなるときの位相を0°として説明する。本実施形態では、電圧出力位相θ_vの位相を0°とした。

【0085】

まず、電動機与える所定の電圧V₁の大きさの決定方法について説明する。電動機に印加する電圧V₁は任意の値でよいが、実際には電流による発熱により誘導電動機を焼損しない範囲とする必要がある。したがって、ここでは電動機定格電流の50%の電流値となる

50

ように V_1 を与える場合について V_1 の決定方法を例を挙げて説明する。まず、出力電圧指令値 v_ref を零として与え、一次電流検出値 i_1 を測定しながら、出力電圧指令値 v_ref を誘導電動機の定格電圧の 1000 分の 1 刻みずつ加算して大きくしていく。そして、一次電流検出値 i_1 が誘導電動機定格電流の 50% に達したところで、そのときの出力電圧指令値 v_ref の値を電圧 V_1 として記憶し、電動機への電力の供給を遮断する。電圧指令の増加量は、急激に電流が変化しない程度の大きさに任意に設定すればよい。また、電流制御器が備わっている場合には、電流指令として定格電流の 50% の値を与え、電流検出値が電流指令値に一致した段階で、そのときの電流指令値を V_1 とすればよいし、本発明で述べている相互インダクタンス M あるいは無負荷電流 I_0 の同定の前に、直流電流を流して一次抵抗を測定している場合には、そのときの電流値および電圧指令値を用いてもよい。もちろん、電流値は定格電流の 50% 以外の値としてもよい。

10

【0086】

R_1 は、本処理の開始前の従来の測定方法で測定が完了する等の別の手段で既知となっているものとして説明する。

【0087】

請求項 1 の実施形態について説明する。

【0088】

出力電圧指令値 v_ref として V_1 を与え、誘導電動機に電圧をステップで印加する。ここでは説明上 $V_1 = 2(V)$ としているが実際には測定に適当な値となるような電圧値に設定する。適当な電流値とは電動機の定格に対して極端に大きすぎたり小さすぎたりしないような範囲の値である。このときの一次電流検出値 i_1 を測定し、上記 (15') 式により相互インダクタンス M の磁束推定値

20

【0089】

【外 30】

$\hat{\phi}(t)$

および一次電流検出値の収束値 $i_{1\infty}$ と

【0090】

【外 31】

$k \hat{\phi}(t)$

30

が等しくなる係数 k を求める。再度出力電圧指令値 v_ref を与えて、一次電流検出値 i_1 が増加していく際の $i_{1\infty}$ に対して例えば 10~95% のある時間 (t_1) のデータ $i_1(t_1)$ 、

【0091】

【外 32】

$k \hat{\phi}(t)$

を記憶しておき、ある時間 (t_1) のときの値 $i_1(t_1)$ 、

【0092】

【外 33】

40

$k \hat{\phi}(t_1)$

から (20) 式によって二次抵抗 R_2 を求める。

【0093】

請求項 2 の実施形態について説明する。

【0094】

ここでは (19) 式において $k = 1$ として求めた磁束の推定値 $\hat{\phi}$ の立ち上がり波形から時定数 τ を求める。ここで時定数

【0095】

50

【外 3 4】

\hat{e}_{in}

は、

【0 0 9 6】

【外 3 5】

$\hat{\Phi}(t)$

が 0 から最終（収束）値の

【0 0 9 7】

【外 3 6】

$$(1 - \frac{1}{e}) \approx 0.632$$

10

倍に達するまでの時間を計測して求めている。時定数に相当する変化幅は計算によって簡単に求まり、他にも 20.0%～70.6%、30.0%～74.2%、40.0%～77.9%の間に要する時間も時定数に相当する。したがって、これらの条件でも測定して平均値をとってもよい。図 3 に前記電動機定数を用いて測定した結果を示す。ここでは請求項 1 と同じ図を用いて説明するため、

20

【0 0 9 8】

【外 3 7】

$\hat{\Phi}(t)$

に請求項 1 の実施形態で得た k を乗じて、

【0 0 9 9】

【外 3 8】

$k \hat{\Phi}(t)$

30

を用いている。ここで測定するのは立ち上がり時間であるので定数 k を乗じてても時定数 τ は同じであるので問題ない。

【0 1 0 0】

請求項 2 の実施形態について説明する。

【0 1 0 1】

請求項 1 の実施形態で求めた結果を用いて、相互インダクタンス M を (15) 式により求めるものである。R 1 を既知の値、本方法で求めた R 2 および時定数 τ として図 3 に示す値を用いて (15) 式に代入すると、

【0 1 0 2】

40

【数 3 0】

$$\begin{aligned} M &= \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2} \cdot \tau \\ &= \frac{0.252 \cdot 0.143}{0.252 + 0.143} \cdot 0.562 \\ &= 0.0513(\text{H}) \\ &= 51.3(\text{mH}) \end{aligned}$$

50

となる。

【0103】

請求項3の実施形態について説明する。

【0104】

一次電流検出値 i_1 および別の手段により与えられた一次抵抗値 R_1 、請求項1の実施形態で求められた二次抵抗値 R_2 を用いて、漏れインダクタンス L 、相互インダクタンス M に流れる電流 i_m を

【0105】

【数31】

$$i_m = i_1 - \frac{R_1(i_{1u} - i_1) - L \frac{di_1}{dt}}{R_2}$$

10

として、漏れインダクタンス L を0から徐々に大きくして

【0106】

【外39】

i_m

を繰り返し測定する。そして出力電圧指令値 v_ref を与えた場合に、

【0107】

【外40】

i_m

20

が負にならなかったときの漏れインダクタンス L を真値とする。

【0108】

図4で説明すると、上式に $L = 0$ 、 $L = 3.69 \text{ mH} / 2 = (\text{真値}) / 2$ 、 $L = 3.69 \text{ mH} = \text{真値}$ を入れたときの波形を示す。 $L = 0$ に近いほど出力電圧指令値 v_ref を与えた場合の

【0109】

【外41】

i_m

30

の推定値は大きくマイナスとなっている。

【0110】

【外42】

i_m

40

の値がマイナスにならなかったときもしくは、マイナス値がある程度0に近づいてときに L の推定を終了し、そのときの L を推定値として使う。

【0111】

請求項4の実施形態について説明する。

【0112】

誘導電動機の定格電圧 V_{rate} および定格周波数 f_{rate} は、誘導電動機の仕様として与えられるものである。これと、誘導電動機の試験成績表あるいは既存の別の同定手段により与えられた R_1 、 L 、および前述の方法により同定され R_2 、 L 、 M を用いて、(25)式に当てはめると、

50

【 0 1 1 3 】

【 数 3 2 】

$$I_0 = \frac{V_{rate}}{\sqrt{R_1^2 + (2\pi f_{rate})^2(L+M)^2}} \quad (25')$$

となり、無負荷電流 I_0 が求まる。

【 0 1 1 4 】

ある程度の誤差が許容できる場合には、簡単のため、 L および R_1 を省略して計算してもよい。同様に測定結果を当てはめてみると

【 0 1 1 5 】

【 数 3 3 】

$$I_0 = \frac{200\sqrt{3}}{\sqrt{0.252^2 + (2\pi 60)^2(0.00369 + 0.0513)^2}} \\ = 5.57(A)$$

となる。ここで、

【 0 1 1 6 】

【 外 4 3 】

$$\sqrt{3}$$

は一相当たりに換算するためである。

【 0 1 1 7 】

【 発 明 の 効 果 】

以上説明したように本発明によれば、誘導電動機を回すことなく、かつ電動機駆動装置の電圧精度に関係なく、測定の容易な一次抵抗 R_1 のみを知ることにより該誘導電動機の 2 次抵抗、相互インダクタンス M 、漏れインダクタンス L 、あるいは無負荷電流 I_0 を高精度に同定することができるという効果がある。

【 図 面 の 簡 単 な 説 明 】

【 図 1 】 請求項 1 ～ 4 の実施形態を適用したブロック図である。

【 図 2 】 誘導電動機の T-1 型等価回路の回路図である。

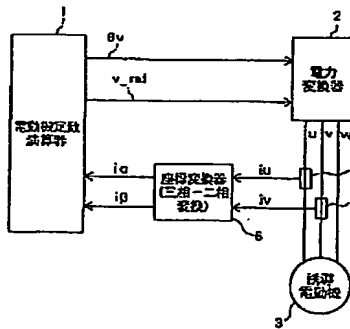
【 図 3 】 200V、3.7kW の誘導電動機に直流電圧を印加した場合の電流と磁束、磁束推定値の時間変化波形を示す図である。

【 図 4 】 200V、3.7kW の誘導電動機に L を推定する場合の推定電流波形（演算に用いる既知の定数が正しい場合）を示す図である。

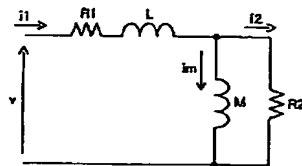
【 符 号 の 説 明 】

- 1 電動機定数演算器
- 2 電力変換器
- 3 誘導電動機
- 4、5 電流検出器
- 6 座標変換器（三相二相変換）

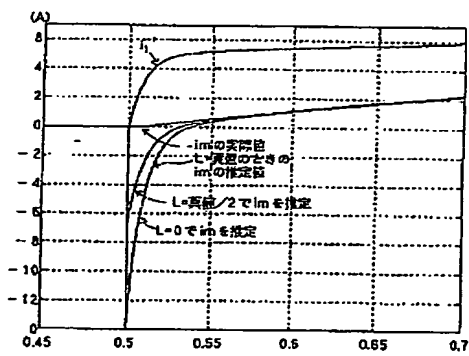
【図 1】



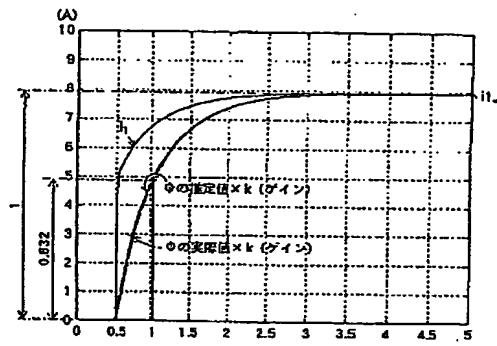
【図 2】



【図 4】



【図 3】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G016 BA03 BB00 BB02 BD06 BD07 BD13

5H576 BB07 DD02 DD04 EE01 FF05 HB01 JJ04 JJ22 LL22 LL29

LL32 LL40